E. A. SCHAEFER.

ÜBER DIE MOTORISCHEN RINDENCENTREN DES AFFEN-GEHIRNS.

SEPARATABDRUCK.

(Ludwig's Geburtstag)

Ueber die motorischen Rindencentren des Affen-Gehirns.

Von

E. A. SCHAEFER, F. R. S.

Indem ich mit der folgenden Studie beizutragen wünsche zu dem Werke, welches dem Beginn der achten Dekade eines Lebens gewidmet ist, so fruchtbar an Entdeckungen auf dem Gebiete des Nervensystems, erinnere ich mich mit Dankbarkeit, dass ich meine ersten experimentellen Untersuchungen in diesem so überaus wichtigen Abschnitte der physiologischen Wissenschaft in dem Laboratorium von Carl Ludwig angestellt habe.

Seit der Veröffentlichung der Epoche machenden Versuche von Fritsch und Hitzig, welche über allen Zweifel zeigten, dass gewisse Regionen der Hirnrinde durch künstliche Reize erregt werden können, hat man der Localisation einzelner Functionen in den oberflächlichen grauen Massen eine stets wachsende Aufmerksamkeit zugewendet.

Die Thatsachen, welche von den beiden Beobachtern mitgetheilt wurden, erregten natürlich das grösste wissenschaftliche Interesse. Es war indess bei der Verschiedenheit im Hirnbau der Carnivoren und des Menschen nicht möglich, die Entdeckungen von Fritsch und Hitzig zur Erklärung der menschlichen Hirnfunctionen ohne Weiteres zu verwerthen. Es ist unzweifelhaft ein Verdienst Ferrier's, diese Anwendung ermöglicht zu haben, indem er für seine Versuche das Gehirn des Affen wählte, und es ist hauptsächlich seinen sorgfältigen Beobachtungen zu verdanken, wenn der Arzt beinahe mit Sicherheit die Stelle eines Rindentumors diagnosticiren und den

Chirurgen, unterstützt von der Lister'schen Methode, auffordern kann, die Geschwulst ohne Furcht zu entfernen.[1])

Man muss sich wundern, dass diese wichtigen Versuche, welche soeben beginnen auf dem Gebiete der praktischen Medicin so glänzende Früchte zu tragen, seit den zehn oder zwölf Jahren, dass sie bekannt sind, kaum weiter geführt worden sind. Es scheint, dass man, vertrauend auf die Genauigkeit der Beobachtungen, die topographische Eintheilung der erregbaren Zone des Affengehirns, welche Ferrier entworfen hatte, vollständig angenommen hat.

Und doch ist es kaum glaublich, dass sich nicht gewisse Unterschiede hätten finden und gewisse Zusätze hätten machen lassen. In jedem Falle wäre es interessant zu wissen, ob eine unabhängige Nachuntersuchung völlig übereinstimmende Resultate ergeben würde.

Welches nun auch die Gründe sein mögen, so viel ist sicher, dass die Thatsachen, welche Ferrier festgestellt hat, nicht ernstlich angegriffen worden sind, obwohl es an Kritiken seiner Methode und seiner Schlüsse nicht gefehlt hat. Nichtsdestoweniger schien es mir wichtig, die erregbaren Theile des Affengehirns einer erneuten Untersuchung zu unterwerfen, theils durch explorirende Elektrisirung, theils durch die ergänzende Methode der örtlichen Abtragung. Bei Ausführung dieses Planes war ich glücklich genug, die Mitarbeiterschaft meines Collegen Prof. V. Horsley zu gewinnen, dessen chirurgischer Geschicklichkeit die günstigen Resultate der Abtragungsversuche hauptsächlich zu verdanken sind.[2]) Ebenso haben wir viele der Reizversuche, mit deren Ergebnissen ich mich hier allein beschäftigen will, gemeinsam angestellt, und der Gebrauch der ersten Person Pluralis in den folgenden Blättern soll diese Gemeinschaft andeuten. Ich möchte bei dieser Gelegenheit auch meinen Collegen Proff. Thane und Halliburton, sowie meinem Assistenten Mr. E. P. France für die Hülfe danken, welche sie mir bei verschiedenen Experimenten geleistet haben.[3])

---

1) Vgl. die Fälle, welche V. Horsley veröffentlicht hat. Brit. Med. Journal, October 1886.

2) Die Ergebnisse unserer gemeinschaftlichen Versuche sind der Royal Society mitgetheilt worden und werden demnächst veröffentlicht werden.

3) Bei Versuchen dieser Art ist das Zusammenwirken von zwei Personen ausserordentlich erwünscht. Während die eine Person beschäftigt ist, die Elek-

Was die Reizmethode betrifft, so haben wir, wie Ferrier, einen Dubois'schen Schlitten angewendet. Um aber die Wirkung des Extrastroms zu vermeiden und die entsprechend ausserordentlich starke Reizung durch den Oeffnungsschlag, haben wir stets von der Helmholtz'schen Einrichtung Gebrauch gemacht, durch welche bekanntlich der primäre Strom zwar plötzlich verstärkt und geschwächt, aber niemals ganz unterbrochen wird. Statt des unregelmässig schwingenden Wagner'schen Hammers benutzten wir einen Stab von constanter Schwingungszahl (gewöhnlich 50 pro Secunde) und versahen ihn mit einer Platinspitze, welche in Quecksilber tauchte. Die Einrichtung wurde in Gang gesetzt durch ein Daniell'sches Element und die Reizstärke in der üblichen Weise durch Verschiebung der secundären Rolle abgestuft. In keinem Falle haben wir eine Reizstärke überschritten, welche bei Anlegung der Platin-Elektroden an die Zunge eben eine leicht prickelnde Empfindung hervorrief, welche leicht ertragen werden konnte. In der That ist diese physiologische Prüfung der Reizstärke vollkommen ausreichend.

Wir haben auch Hitzig's Methode der Schliessung und Oeffnung eines constanten Stromes versucht, erhielten aber keine befriedigenden Resultate, so dass wir die faradische Reizung vorzogen.

Die Thiere waren in allen Fällen narcotisirt. Die Narcose, vorausgesetzt dass sie nicht zu tief ist, erleichtert sehr die Reizversuche an der Hirnrinde, indem sie die Complicationen, welche durch willkürliche oder reflectirte Bewegungen entstehen können, ausschliesst. Wir haben gewöhnlich Chloroform oder Aether benutzt; zuweilen wurde ausserdem Morphium hypodermatisch gegeben.

Ferrier hat folgende Theile des Affengehirns als direct reizbar oder, um richtiger zu sagen, als solche bezeichnet, deren elektrische Reizung stets bestimmte Bewegungen in Muskeln oder Muskelgruppen hervorruft: die Theile unmittelbar vor und hinter der Rolando'schen Spalte mit Einschluss der aufsteigenden Stirnwindung, Theile der oberen und mittleren Stirnwindungen, die aufsteigende Parietal-

troden auf einen bestimmten Punkt der Rinde zu legen, kann die andere mit Musse die verursachten Bewegungen beobachten und registriren.

windung und der Parietallappen. Zu diesen muss noch der Randwulst hinzugezählt werden.[1])

Durch Reizung der übrigen Theile der Rinde lassen sich nicht in derselben Weise Bewegungen erhalten. Es ist passend, den ganzen Bezirk die motorische Region der Rinde zu nennen. Ich gebrauche diesen Ausdruck ohne irgendwie Stellung zu nehmen zu den Theorien, welche zur Erklärung der Reizerfolge aufgestellt worden sind. Der Name soll nichts sein, als eine kurze Bezeichnung für diejenigen Theile, auf deren Reizung bestimmte Muskelbewegungen eintreten.

Bevor ich unsere Resultate aufzähle und vergleiche mit jenen von Ferrier, sei es gestattet, einige Bemerkungen zu machen über den Charakter und die Constanz der Bewegungen, welche durch Rindenreizung zu erhalten sind.

1. Die Bewegungen sind in mancherlei Beziehungen willkürlichen Bewegungen ähnlich. Sie bestehen in der Regel aus der coordinirten Thätigkeit von mehreren Muskelgruppen, und nur sehr selten, bei den allereinfachsten Bewegungen, handelt es sich um einen einzigen Muskel. Bei der Auslösung einer bestimmten Bewegung, wie z. B. bei Beugung des Beines, geschieht es fast stets, dass nicht nur die Muskeln sich contrahiren, welche als solche die betreffende Bewegung hervorzubringen vermögen, sondern es werden auch die Antagonisten in Thätigkeit gesetzt, sodass die Bewegung nicht in einer plötzlichen Zuckung, sondern in einer allmählichen Ausgleichung der Spannungen besteht.[2]) Diese Thatsache kann gewöhnlich leicht festgestellt werden, weil die Contraction der betreffenden Muskeln durch die Haut hindurch gefühlt oder beobachtet werden kann. Aber selbst in denjenigen Fällen, in welchen man auf diese Weise nicht recht zum Ziele kommen konnte, liess sich durch Abtragung der Haut über den Muskeln ihre Antheilnahme nachweisen. Es kann auch geschehen, dass die Elektroden zwischen zwei Stellen zu liegen kommen, deren Reizung entgegengesetzte Bewegungen auslöst. In einem solchen Falle beobachtet man, wenn keine der beiden Muskelgruppen

1) Horsley und Schaefer, On the functions of the marginal convolution. Proc. Roy. Soc. 1884.

2) Werden die Elektroden nur sehr kurze Zeit aufgesetzt und dann gleich wieder zurückgezogen, so können zuckende Bewegungen erhalten werden.

sich energisch genug contrahirt, um den Widerstand der anderen zu überwinden, dass keine bestimmte Bewegung eintritt. Es kommt nur zu einer allgemeinen Steifigkeit des Gliedes und einem Zittern, wie es auch willkürlich durch gleichzeitige Contraction von antagonistischen Muskeln hervorgebracht werden kann.

Bei fortgesetzter Reizung derselben Stelle kann die primäre Bewegung von secundären gefolgt sein, welche einen abweichenden oder selbst einen entgegengesetzten Charakter zeigen. So kann die Beugung eines Gliedes gefolgt sein von einer Streckung und diese wieder von anderen Bewegungen. In dieser Weise kann eine Reihe von Bewegungen der Reizung einer einzelnen Stelle folgen. Die Reihenfolge, in welcher sie ablaufen, ist in der Regel dieselbe, wie bei den natürlichen Bewegungen des Thieres. Bei rascher Reizfolge (z. B. 50 Mal pro Secunde) sind die Bewegungen nach den Aufzeichnungen des Myographion vollkommen ähnlich den willkürlichen Bewegungen des Thieres. Der Muskeltetanus zeigt in beiden Fällen einen Rhythmus von ungefähr zehn bis zwölf Oscillationen in der Secunde, wie sich aus dem registrirten Verlauf der Curven entnehmen lässt.[1]) Mit einzelnen Inductionsschlägen ist es schwierig, Bewegungen zu erzielen, wenn man nicht sehr starke Reize verwenden will, wobei man Gefahr läuft, weit verzweigte Stromschleifen zu bekommen oder gar eine Zerstörung der grauen Substanz herbeizuführen. Eine rasche Folge von Reizen dagegen, auch wenn sie von geringer Stärke sind, ist viel wirksamer.

2. Die genaue Lage der Centren und Bezirke, deren Reizung bestimmte Bewegungen auslöst, ist in verschiedenen Gehirnen nicht unveränderlich dieselbe, sondern erleidet zuweilen kleine Verschiebungen. Die relative Stellung dagegen dürfte im Wesentlichen unveränderlich sein.[2]) Die Resultate, welche unten mitgetheilt sind, müssen daher als Mittelwerthe angesehen werden. Soweit als meine Versuche reichen, besteht niemals eine vollständige Uebereinstimmung der Bezirke bei verschiedenen Individuen; eine bessere Ueber-

---

1) Horsley and Schaefer, Experiments on the character of the muscular contractions which are evoked by excitation of various parts of the motor Tract. Journal of Physiology, vol. VII.

2) Dies wird von verschiedenen Beobachtern bestätigt.

einstimmung findet man, wenn man die beiden Hemisphären desselben Thieres vergleicht.

Die Bewegungen, welche durch Reizung eines Punktes ausgelöst sind, können sich vermischen mit der Wiederholung von Bewegungen, welche durch die vorausgegangene Reizung einer benachbarten Stelle hervorgebracht wurden. Diese Thatsache, welche von Ferrier gefunden worden ist[1]), darf bei allen Versuchen dieser Art nicht vergessen werden. Wahrscheinlich ist die Erklärung, welche er dafür gibt, die richtige, nämlich: dass der vorausgegangene Reiz die Stelle in einem Zustand höhererer Erregbarkeit zurückgelassen hat, sodass die Ausbreitung des Stromes, welcher nun der benachbarten Stelle zugeführt wird, ausreicht, um die erste neuerdings in Thätigkeit zu versetzen. Die epileptiformen Krämpfe, welche einer sehr langen oder zu starken Reizung irgend eines Punktes folgen und welche stets beginnen und hauptsächlich ablaufen in denjenigen Muskeln, welche auch normaler Weise bei schwacher Reizung dieser Stelle in Thätigkeit kommen, sind ebenso Anzeichen einer erhöhten Erregbarkeit.

Man findet weiter, dass die geringe Austrocknung der Oberfläche und andere Veränderungen, welche in Folge der langen Freilegung des Gehirns leicht eintreten, ebenfalls die Erregbarkeit der grauen Substanz vermehren und die Neigung der faradischen Erregung, sich über benachbarte Theile auszubreiten, unterstützen. Dieser Zuwachs an Erregbarkeit als Folge früherer Thätigkeit und ebenso in Folge der langsam eintretenden Veränderungen, welche das allmähliche Absterben des Gewebes herbeiführen, ist bekanntlich nicht beschränkt auf die grauen Nervenmassen, sondern ist allen erregbaren Geweben eigenthümlich.

3. Die Sulci, welche innerhalb der erregbaren Zone liegen und mehr oder weniger scharfe Grenzen der Windungen bilden, sind keine Grenzen für die physiologischen Bezirke (motorische Centren). Die physiologischen Grenzen findet man ebenso oft entlang den hervorragendsten Theilen der Windungen, so zu sagen entlang den Wasserscheiden wie entlang den Wasserläufen, den Furchen laufend. Selbst

---

1) Proc. Royal Soc., vol. XXIII, p. 415.

die Rolando'sche Spalte, so tief sie ist und so früh im Entwickelungsvorgang sie erscheint, ist keine Trennungslinie für die anliegenden grauen Massen; wir erhalten durch Erregungen beider Seiten der Spalte Bewegungen derselben Theile. Dasselbe kann ausgesagt werden von dem Sulcus praecentralis und von den kleineren Furchen. Dagegen ist die gesammte motorische Region scharf begrenzt, wenigstens nach innen und hinten unten, durch wohl definirte und wichtige Furchen (calloso-marginalis, intraparietalis und Fossa Sylvii), während allerdings gegen die Stirne zu keine scharfe Grenze existirt.[1])

Ich will nun eingehen auf die Beschreibung unserer Beobachtungen. Dieselben wurden angestellt an 18 Individuen verschiedener Arten von Affen, hauptsächlich Macacus. Viele der Versuche waren doppelseitig, d. h. sie beziehen sich auf die Untersuchung beider Hemisphären, während andere wieder sich beschränken auf die Untersuchung nur eines begrenzten Abschnittes der motorischen Zone.

Die Ergebnisse werden sich überblicken lassen mit Hilfe der Figuren 1 bis 3, in welchen die fragliche Region mit Ziffern und Buchstaben bezeichnet ist, welche in bestimmten Zwischenräumen über die Fläche vertheilt sind. Die Bezeichnung geschah in folgender Weise:

Theilt man den Theil der Hemisphäre, welcher der grossen Längsspalte zunächst liegt, in zwölf gleiche Stücke entlang einer Linie, welche sich erstreckt von der Parieto-occipital-Spalte zu dem Stirnende des Gehirns, so gehören acht von diesen Theilen zu der Zone, welche direct faradisch erregbar ist. Der Mittelpunkt von jedem dieser Stücke ist in der Zeichnung von rückwärts nach vorne zu bezeichnet mit der entsprechenden Ziffer und den Buchstaben *B*; also 1 *B*, 2 *B*, 3 *B* u. s. w. Von dem Punkte 3 *B* nahe dem Rande läuft eine Reihe von sechs anderen Punkten (in ungefähr gleichen

---

1) Diesen vordersten oder präfrontalen Abschnitt rechnet jedoch Ferrier zu jenem Theil der motorischen Rindenzone, welcher zu den Bewegungen des Kopfes und der Augen in Beziehung steht, obgleich in der Regel seine Reizung erfolglos ist. Ueber seine Gründe zu dieser Annahme vgl. Functions of the Brain, second Edition. p. 398.

Abständen von einander wie die Punkte der ersten Reihe) nach aussen und abwärts entlang der aufsteigenden Parietalwindung und parallel zur Rolando'schen Spalte. Diese Punkte sind von oben

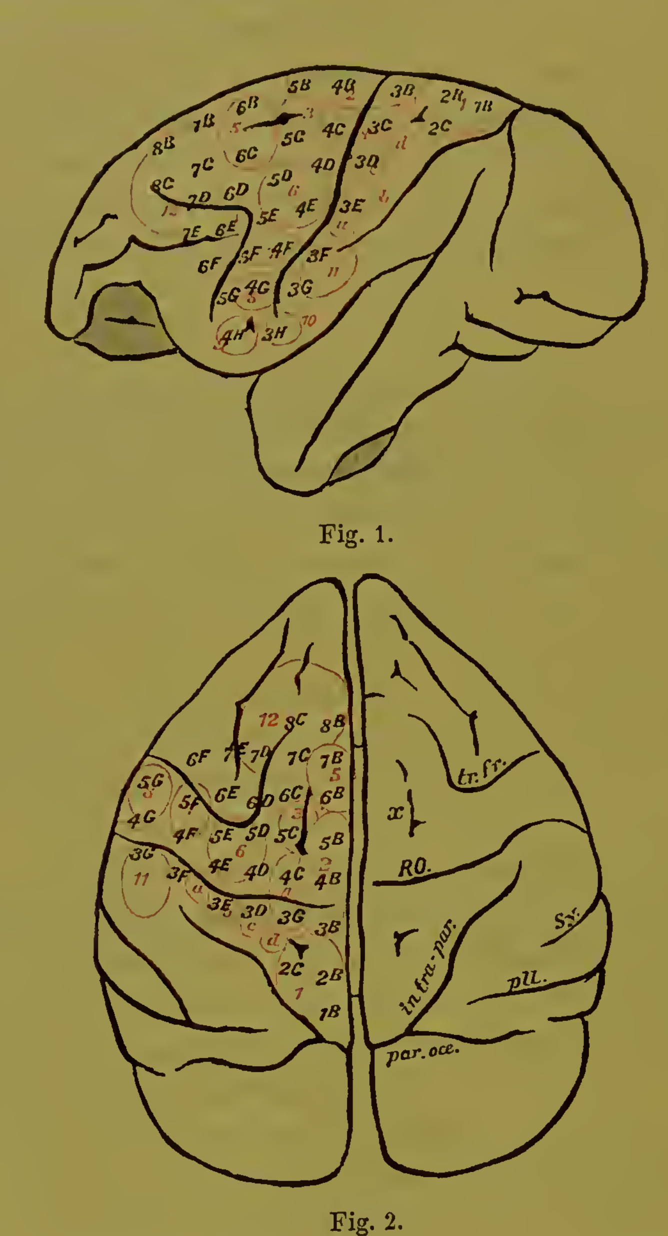


Fig. 1.

Fig. 2.

nach unten bezeichnet mit 3 *C*, 3 *D*, 3 *E*, 3 *F*, 3 *G* und 3 *H*. In ähnlicher Weise ist eine weitere Punktreihe herabgeführt entlang dem hinteren Rande der aufsteigenden Stirnwindung, in unmittelbarer Nachbarschaft der Rolando'schen Spalte und ausgehend von

dem Punkte 4 *B* nahe dem inneren Rande. Sie heissen dementsprechend 4 *C*, 4 *D*, 4 *E* u. s. w. Eine dritte Reihe läuft entlang dem vorderen Rande der aufsteigenden Stirnwindung, ausgehend von 5 *B*, und eine vierte, entsprechend dem Punkte 6 *B*, ist unmittelbar vor dieser und läuft entlang dem vorderen Rande des Sulcus praecentralis. Alle diese Reihen sind im Allgemeinen parallel zur Rolando'schen Spalte angeordnet. Correspondirende Reihen, ausgehend von 1 *B*, 2 *B*, 7 *B* und 8 *B*, können in ähnlicher Weise ausgefüllt werden. Auf diese Weise lässt sich die erregbare Fläche eintheilen in eine Anzahl von beinahe gleich grossen

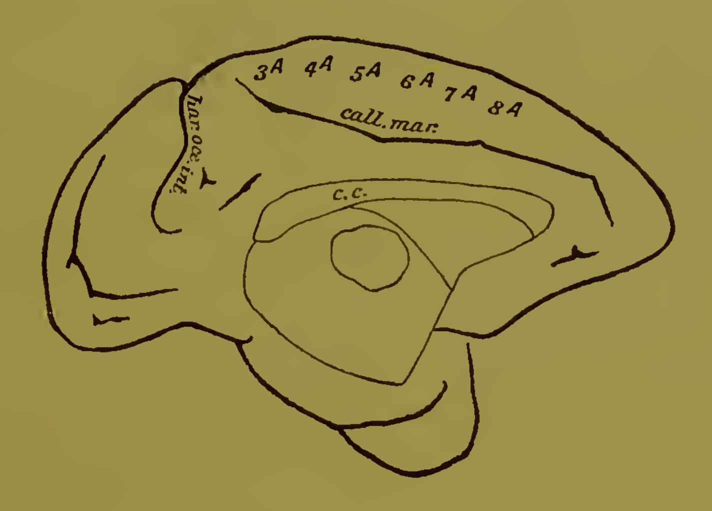


Fig. 3.

Bezirken, welche in sagittaler und transversaler Richtung nebeneinander liegen. Die sagittalen oder horizontalen Reihen sind bezeichnet von oben nach unten durch die Buchstaben *B* bis *H*, die transversalen Reihen durch die Ziffern 1 bis 8. Endlich ist der erregbare Abschnitt des Gyrus marginalis ebenfalls abgetheilt in gleich grosse Stücke, welche entsprechen den Abtheilungen der äusseren Oberfläche und bezeichnet sind mit 3 *A* bis 8 *A* (der Gyrus marginalis erstreckt sich nicht weiter zurück als bis 3 *B*).

In der folgenden Tabelle ist der gereizte Bezirk in dem ersten Stabe angeführt und der Reizerfolg steht rechts davon. Die Bewegungen beziehen sich, wenn nicht ausdrücklich anders bemerkt ist, auf die gegenüberliegende Körperseite. Wenn mehr als eine

Bewegung auftritt, so ist die Reihenfolge in der Beschreibung womöglich eingehalten.

Es kann aber geschehen, dass der primäre Erfolg überhaupt ausbleibt und dass nur eine oder mehrere der für gewöhnlich secundären Erscheinungen an seine Stelle tritt. Es ist übrigens wahrscheinlich, dass manche der Reizerfolge, welche hier als secundäre erscheinen, unter Umständen gleichzeitig mit den sogenannten primären eintreten und dann zu einer Fixirung des Gliedes durch Anspannung antagonistischer Muskeln führen.

3 *A* Beugung des Fusses [1]), Streckung der Zehen und Auswärtsdrehung des Fusses (statt dessen zuweilen Beugung der Zehen und Einwärtsdrehung des Fusses). Spannung der Kniesehne und anderer Muskeln, welche Beugung des ganzen Beines bewirken.

4 *A* Beugung des Beines im Knie (deutliche Spannung der Kniesehnen). Auswärtsdrehung des Fusses, Streckung der Zehen, Contraction anderer Beinmuskeln.

5 *A* Streckung der Hüfte mit Bewegung des Schwanzes nach der Seite (deutliche Contraction der Glutaei). Beugung des Beines im Knie (deutliche Anspannung der Kniesehnen). Drehung und Krümmung des unteren Theiles der Wirbelsäule.

6 *A* Drehung und Krümmung der Wirbelsäule. Streckung der Hüfte. Seitenbewegung des Schwanzes, Bewegung des Schulterblattes nach oben und innen, geringe Adduction des Armes.

7 *A* Retraction der Scapula, Adduction des Armes, Rotation des Armes nach aussen. Beugung des Vorderarmes (zuweilen gefolgt von Streckung), Supination der Hand, Streckung im Handgelenk, zuweilen Drehung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite.

8 *A* Reizung oft erfolglos. Treten Bewegungen auf, so sind sie ähnlich denen unter 7 *A*. Zuweilen wird nur der Kopf gedreht.

[Alle unter *A* aufgezählten Punkte liegen auf dem Gyrus marginalis.]

1 *B* Streckung der Zehen, Beugung von Fuss, Knie und Hüfte.

2 *B* Wie in 1 *B*. In beiden kann auf die Streckung der Zehen eine Gegenüberstellung und Beugung des Hallux und der übrigen Zehen folgen, wie bei einer Greifbewegung.

3 *B* Streckung der Zehen, Beugung des Fusses (zuweilen Beugung und Einwärtsdrehung des Fusses), Contraction der Beuger und Strecker von Knie und Hüfte.

4 *B* Beugung von Hüfte, Knie und Fuss mit Einwärtsdrehung des Beins. Streckung der Zehen, Auswärtsdrehung des Fusses (Peronei).

1) Unter „Beugung des Fusses“ ist Dorsalflexion verstanden.

5 *B* Beugung von Hüfte, Kuie uud Fuss. Drehung und Krümmung des unteren Theiles der Wirbelsäule. Seitliche Bewegung des Schwanzes.

6 *B* Beugung von Hüfte und Knie. Krümmung und Drehung der Wirbelsäule. Seitliehe Bewegung des Sehwanzes, zuweilen aueh Bewegung des Armes (naeh vorn oder hinten).

7 *B* Auswärtsdrehung des Armes mit Beugung nach vorn oder hinten. Beugung im Ellbogen, welehe von Streekung uud Greifbewegung der Hand gefolgt sein kaun. Gleiehzeitig wird manchmal das Beiu vorgeschoben.

8 *B* Der Kopf dreht sieh naeh der entgegengesetzten Seite. Conjugirte Abweichung der Augen naeh der entgegengesetzteu Seite. Lider erhoben, Pupillen erweitert.

[Die Punkte *B* liegen entlang dem medialen Rande der Hemisphäre oberhalb einer kurzen sagittalen Furehe, welche sieh stets in den oberen Theileu des Stiruhirus findet uud in Fig. 2 mit *X* bezeiehnet ist.]

2 *C* Gibt häufig keine Bewegungen; zuweilen wenig ausgesproehene Bewegungen des Fusses und Untersehenkels; gleiehzeitige Contraetion vieler Muskeln. In einem Falle Auswärtsdrehung des Fusses.

3 *C* Arm addueirt, zurüekgezogen uud gesenkt (Latissimus dorsi, Teres major und Peetoralis major stark contrahirt); Uluarflexion im Handgelenk (zuweilen Streckung im Handgelenk), Streekung des Daumens.

4 *C* Beugung und Pronation des Vorderarmes, Streekung des Handgelenkes und der Finger (zuweilen Streekung des Vorderarmes und Beugung des Handgelenkes). Sehulter erhoben. Arm addueirt und zurüekgezogeu.

5 *C* Der ganze Arm vorgestreekt (zuweilen zurüekgezogen).

6 *C* Arm vorgestreekt mit Streekung des Ellbogens, des Handgelenkes und der Finger. Zuweileu folgt Zurüekziehuug.

7 *C* Gibt dieselben Resultate wie 8 *B*. Aueh das Ohr riehtet sich naeh vorne.

[Die Punkte *C* sind gerade unterhalb der Spalte *X*.]

3 *D* Streekung des Handgeleukes und der Finger (gefolgt von Beugung der Finger), Pronatiou, Rüekwärtsbewegung und Adduetion des Armes.

4 *D* Streekung des Handgelenkes und der Finger, Beugung des Vorderarmes. Der Arm erhoben.

5 *D* Arm vorgestreekt.

6 *D* Wie 8 *B* und 7 *C*, aber das Ohr zurüekgezogen.

7 *D* Ebenso.

[Die Punkte *D* sind meisteus oberhalb des sagittalen Seheukels des Suleus praeeeutralis.]

3 *E* Gegenstellung von Daumen und Finger (Greifstellung), darauf Ballen der Faust (zuweilen Streckung des Daumens und der Finger und Ulnarextension des Handgelenkes), Supination.

4 *E* Beugung des Vorderarmes mit Supination (Biceps brachii). Faust geballt. Zuweilen Streckung von Daumen, Finger und Handgelenk.

5 *E* Beugung des Vorderarmes mit Supination; Hand gestreckt, Arm gehoben. Drehung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite (bei einem Thiere nach derselben Seite). Das Ohr zurückgezogen.

6 *E* Ebenso wie 8 *B*, 7 *C* und 6 D. Neben anderen Muskeln wird auch der Occipito-frontalis contrahirt.

7 *E* Entweder ohne Erfolg oder ebenso wie 6 *E*.

[Die Reihe der *E*-Punkte ist unmittelbar unter dem sagittalen Schenkel des Sulcus praecentralis.]

3 *F* Mundwinkel und Oberlippe erhoben und zurückgezogen. Nasenflügel erhoben. Beide Augen geschlossen. Der Mund zuweilen geöffnet (Platysma).

4 *F* Ebenso wie 3 *F*.

5 *F* Ebenso wie 3 *F* und 4 *F*. Zunge zuweilen nach der entgegengesetzten Seite abgelenkt. Wangen eingezogen und dann wieder herausgetrieben (beiderseits). Ferner Drehung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite (in zwei Fällen nach derselben Seite). Ohr zurückgezogen.

6 *F* Bewegungen des Kopfes und der Augen wie in 8 *B*, 7 *C*, 6 *D* und 6 *E*.

[Die Punktreihe des *F* läuft sagittal gerade unterhalb des tieferen Endes des Sulcus intraparietalis.]

3 *G* Zurückziehung des Mundwinkels (zuweilen gleichzeitig Erhebung desselben). Unterlippe niedergezogen. Mund offen (das Platysma ist contrahirt).

4 *G* Wie in 3 *G*, gleichzeitig Bewegungen des Kiefers und der Zunge (beiderseitig). Lippen aufgeworfen.

5 *G* Mundwinkel erhoben und zurückgezogen, Wangen vorgebuchtet (beiderseitig). Lippen aufgeworfen.

[Die Punktreihe *G* läuft etwa in der Höhe des unteren Endes der Rolando'schen Spalte sagittal von rückwärts nach vorn.]

3 *H* Mund offen (Mundwinkel zuweilen nach oben und aussen gezogen). Complicirte Bewegungen des Kiefers und der Zunge (beiderseits), häufig ist auch die Zunge zurückgezogen und nach der gereizten Seite abgelenkt.

4 *H* Zunge gleichmässig vorgestreckt; Mundwinkel zurückgezogen (in einem Falle Ablenkung nach der gereizten Seite).

[Die Punkte 3 *H* und 4 *H* liegen auf dem Operculum.]

Vergleichung der Ergebnisse von Ferrier mit den unsrigen.

Ich habe in den Figuren 1 und 2 durch rothe Kreise die Bezirke abgegrenzt, welche nach Ferrier bestimmte Bewegungen auslösen. Es ergibt sich, dass der Ferrier'sche Bezirk

(1)[1]) die Punkte 1 *B*, 2 *B* urd 3 *C* einschliesst. Der wichtigste Unterschied in den Ergebnissen ist, dass Ferrier angibt, dass die Hüfte gebeugt und das Bein gestreckt wird, während wir, in der Regel wenigstens, in 1 *B* und 2 *B* Beugungen des Beines, der Hüfte und des Fusses erhielten. Die Streckung der Zehen fanden Ferrier und wir als das constanteste Ergebniss. Wir haben fast ausnahmslos diese Erscheinungen vermisst in 2 *C*. Ferrier's Bezirk

(2) schliesst die Punkte 3 *B*, 4 *B* und 5 *B* ein. Hier haben wir fast genau dieselben Resultate erhalten, nämlich Beugung von Hüfte, Knie und Fuss. Dagegen war die Beugung der Zehen, welche Ferrier beschreibt, in unseren Versuchen gewöhnlich ersetzt durch die Streckung. In der That kann man aus den Angaben seiner Versuche nicht klar entnehmen, ob er wirklich Beugung der Zehen auf Reizung von (2) erhielt.[2]) Dagegen beschreibt er verschiedentlich, dass die Zehen ausgespreizt oder gestreckt waren. In dreien seiner Versuche ging der Beugung der Hüfte Streckung voraus; vielleicht waren in diesen Versuchen die Elektroden nahe der Randwindung. Das Einkrümmen der Zehen und die scheinbaren Kratzbewegungen waren ebenfalls keine constanten Erscheinungen in unseren Versuchen. In einem der Fälle von Ferrier folgte auf die Reizung des vorderen Endes von (2) eine Drehung der Wirbelsäule gleichzeitig mit den Beinbewegungen, und dasselbe haben wir gelegentlich von dem correspondirenden Punkte 5 *B* erhalten. Das Resultat ist aber nicht häufig, ausser wenn die Elektroden nahe dem Rande aufgesetzt werden. Ferrier's Schwanzcentrum

(3) liegt unterhalb 5 *B*, schliesst den Sulcus *x* ein, dehnt sich

---

1) Die in Klammern stehenden Ziffern und Buchstaben bezeichnen die in den Figuren roth eingedruckten correspondirenden Ziffern und Buchstaben.

2) Proc. Royal Soc. 1875. Bei Anführung der Resultate von Ferrier beziehe ich mich auf die detaillirten Angaben dieser Abhandlung.

aber auch noch unterhalb desselben aus. Wir haben zuweilen eine seitliche Bewegung des Schwanzes erhalten von 5 *B*, namentlich wenn die Elektroden zufällig näher als gewöhnlich dem Rande gebracht wurden, niemals aber unterhalb der *X*-Spalte.

(4) schliesst unsere Punkte 3 *C* und 4 *C* ein, und hier stimmen unsere Versuche fast vollständig mit denen von Ferrier überein. Das Hauptergebniss ist eine Bewegung des Armes nach unten, innen und hinten mit gleichzeitiger Beugung und Pronation des Vorderarmes. Wird die Hand festgehalten, so besteht das Resultat in einem Aufrichten des Körpers, „wie beim Klettern". Ferrier erwähnt nicht die Beugung des Vorderarmes, obwohl dieselbe auf Reizung von 4 *C* sehr häufig folgt.

(5) Die Fläche dieses Bezirkes ist in den beiden Figuren, welche Ferrier gibt, nicht ganz übereinstimmend angegeben. In der Ansicht des Gehirns von oben liegt er viel näher dem Rande, hauptsächlich nach innen und oben von *X*, während er in der Seitenansicht grösstentheils unterhalb dieser Spalte liegt. In dem ersten Falle würde er die Punkte 6 *B* und 7 *B* unserer Eintheilung in sich begreifen, in dem anderen Falle aber 6 *C* und Theile von 5 *C*, 5 *D* und 6 *D*. Die von Ferrier angegebene Bewegung ist eine Streckung des Armes nach vorne, und genau dieselbe Bewegung haben wir am häufigsten angetroffen bei 5 *C*, 6 *C* und 5 *D*. Dagegen sind bei 6 *B* und 6 *D* die Ergebnisse abweichend, wenn auch in zweiter Reihe der Arm zuweilen nach vorwärts bewegt wird. Diese Bewegung ist am deutlichsten und weniger complicirt in 6 *C* und 5 *D*, woraus folgen würde, dass der Bezirk (5) in der Seitenansicht richtiger angegeben ist als in der Ansicht von oben. Nach der ausführlichen Beschreibung seiner Versuche (Proc. of the Royal Soc.) hat es den Anschein, dass auch eine Bewegung des Beines häufig beobachtet wurde. Ferrier betrachtet dies als eine zufällige Complication infolge der vorausgegangenen Reizung und gesteigerten Erregbarkeit des Beincentrums; aber es ist dies in der That die allerconstanteste Bewegung, welche von dem Punkte 6 *B* ausgelöst werden kann, welcher in der Ansicht von oben in den Bezirk (5) aufgenommen ist. Es scheint also, dass die Reizung dieses Theiles von (5) die Beinbewegung in den Ferrier'schen Versuchen bewirkte.

(6) umschliesst 4 *E* und 5 *E*. Hier erhielten wir genau dieselben Resultate wie Ferrier, nämlich Contraction des Biceps mit Beugung und Supination des Vorderarmes. Aber in dem vorderen Abschnitte des Bezirkes (6) ist gewöhnlich eine Bewegung des Kopfes und der Augen und in dem oberen Abschnitte eine Vorwärtsbewegung des Armes zu beobachten.

(7) umschliesst 4 *F* und 5 *F*. Unsere Hauptergebnisse stimmen ebenfalls sehr nahe mit denen von Ferrier überein. Doch haben wir, wie aus unserer Tabelle zu ersehen ist, oft noch begleitende Bewegungen gefunden.

(8) Der Mittelpunkt dieses Kreises deckt sich mit 4 *G*. Ferrier berichtet bloss von einer Erhebung der Oberlippe und des Nasenflügels und von einer Abwärtsbewegung der Unterlippe (Knurrbewegung). Wir haben daneben noch andere Bewegungen des Mundes und der Wangen gesehen.

(9) und (10) decken sich mit 4 *H* und 3 *H*, und ebenso sind unsere Resultate in Uebereinstimmung.

(11) Dieser Kreis schliesst 3 *G* ein. Auch hier zeigt sich im Wesentlichen Uebereinstimmung der Ergebnisse.

(12) umschliesst 8 *B*, 7 *C*, 8 *C*, 6 *D*, 7 *D*, 8 *D*, 6 *E* und 7 *E*, erstreckt sich aber noch ein wenig weiter nach vorwärts als irgend welche von unseren Punkten. Es ist uns nicht gelungen, weiter nach vorne als 8 *B* oder 8 *D* auf Reizung Bewegungen zu erhalten, und nur selten in 8 *C* und 7 *E*. Dagegen haben wir sehr oft Bewegungen des Kopfes und der Augen gesehen nach Reizung von 5 *E*, 5 *F* und 6 *F*, welche in (12) nicht aufgenommen sind. Ausserdem habe ich bei zwei Individuen gesehen, dass der Kopf sich bei Reizung gewisser Punkte dieses Gebietes nach derselben Seite bewegte, statt nach der entgegengesetzten, welcher Fall der gewöhnlichere ist. Im Uebrigen sind unsere Versuche in guter Uebereinstimmung.

(*a*), (*b*), (*c*) und (*d*) liegen in unseren Bezirken 3 *E*, 3 *D* und 3 *C*. Die Ergebnisse von Ferrier sind in guter Uebereinstimmung mit unseren Beobachtungen.

Unsere Beobachtungen bestätigen somit in allen wesentlichen Punkten die Ergebnisse von Ferrier, während sie gleichzeitig in

gewissen Beziehungen dieselben ergänzen und modificiren. Wir sind ferner in der Lage die Lücke, welche Ferrier's Schema infolge der Vernachlässigung der Bewegungen des Rumpfes zeigt, auszufüllen. Wir haben gefunden, dass diese Bewegungen hauptsächlich verknüpft sind mit einem Abschnitte des Gyrus marginalis [1]), ein Gebiet, welches von Ferrier nicht genauer untersucht worden ist, obwohl er im Stande war bei einem Versuche zu zeigen, dass seine Erregung von Bewegung des Kopfes und der Glieder gefolgt ist. Er hat aber seine Versuche in dieser Richtung nicht weiter ausgedehnt.

Ueberblickt man das Resultat der Reizungsversuche an der motorischen Region des Grosshirns, so findet man, dass gewisse Gebiete abgegrenzt werden können, welche zu den Bewegungen des Rumpfes, der Glieder, des Kopfes und der Augen, sowie des Gesichtes in Beziehung stehen. Dieselben mögen daher kurz als Rumpfgebiet, Beingebiet, Armgebiet, Kopfgebiet und Gesichtsgebiet bezeichnet werden. Siehe Figuren 4 und 5.

Rumpfgebiet. Das Gebiet, dessen Reizung Bewegungen des Rumpfes zur Folge hat, ist verhältnissmässig klein, wahrscheinlich entsprechend der relativen Einfachheit der Bewegungen, deren der Rumpf fähig ist. Es umfasst die Punkte 5 *A* und 6 *A* auf dem Gyrus marginalis und greift über auf den Randtheil der oberen Stirnwindung, wenigstens auf den innersten Theil der Bezirke 5 *B* und 6 *B*. In sagittaler Richtung ist seine Länge etwa gleich der *X*-Furche, wenn diese mässig entwickelt ist. Das

Beingebiet ist grösser. Es umfasst die Bezirke 3 *A* und 4 *A* und theilweise auch 5 *A* der Randwindung; 1 *B*, 2 *B*, 3 *B*, 4 *B*, 5 *B* und 6 *B* an der äusseren Oberfläche der Hemisphäre neben der grossen Längsspalte und 2 *C* auf den Parietallappen. Es begreift also in sich den hinteren Theil der Randwindung, den Parietallappen, das obere Ende der beiden Centralwindungen und den hinteren Abschnitt der oberen Stirnwindung.

---

1) H. Munk (Die Stirnlappen des Grosshirns, 1883) hat diese Bewegungen in Verbindung gebracht mit dem präfrontalen Gebiete. Die Belege, welche er für diese Ansicht vorbringt, scheinen uns aber nicht beweisend und werden ausserdem widerlegt durch unsere Reizungs- und Abtragungsversuche.

Das Armgebiet ist noch ausgedehnter. Es umfasst die aufsteigende Parietalwindung zwischen 3 B und 3 F, d. h. bis hinab

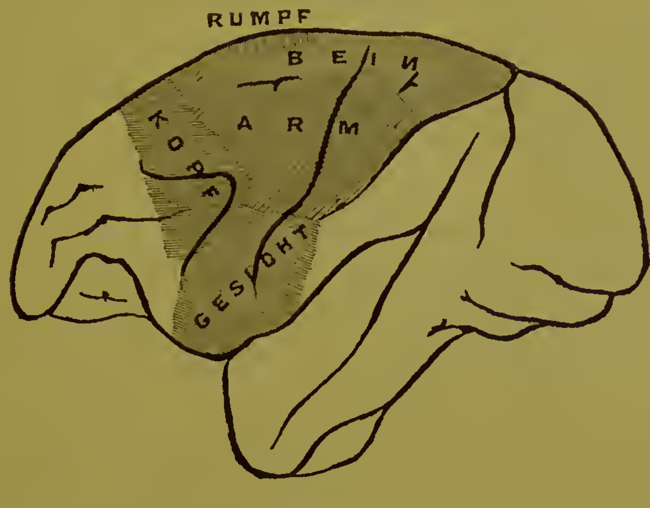


Fig. 4.

zum unteren Ende der intraparietalen Furche; ein entsprechendes Stück der aufsteigenden Stirnwindung; den hinteren Theil der oberen

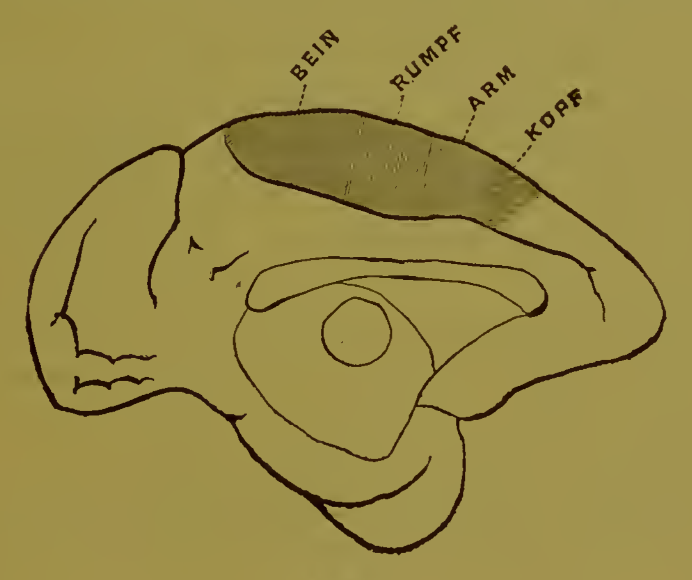


Fig. 5.

Frontalwindung unterhalb X und erstreckt sich um das vordere Ende der X-Furche herum in die Randwindung, wo es vielleicht übergreift in das Rumpfgebiet.

Kopfgebiet. Das Gebiet, dessen Reizung Bewegungen des Kopfes, der Augen, der Augenbrauen und Ohren hervorruft und

welches nach dem hauptsächlichen Erfolg der Reizungen das „Blickgebiet“ genannt werden könnte, liegt vor dem Armgebiet, erstreckt sich aber noch etwas weiter nach unten an der äusseren Hemisphärenfläche. Es kann sich ferner erstrecken auf die Randwindung an dem vordersten Ende ihres motorischen Abschnittes. Es greift theilweise über in das Arm- und Gesichtsgebiet.

Gesichtsgebiet. Das Gebiet, welches ich der Kürze wegen als Gesichtsgebiet bezeichne, scheint verknüpft zu sein nicht nur mit den Muskeln des Antlitzes, sondern auch mit anderen, welche die Bewegung des Unterkiefers besorgen, und wahrscheinlich auch mit Muskeln des Schlundes. Das Gebiet breitet sich aus über die unteren Enden der beiden Centralwindungen und die äussere Fläche des Operculums bis hinab zur Sylvischen Spalte. Nach oben und vorne greifen das Arm- und Kopfgebiet theilweise herüber.

Innerhalb der ausgedehnten Gebiete, welche oben aufgezählt sind, können gewisse Centren, welche mit ganz speciellen Bewegungen verknüpft sind, unterschieden werden. So lässt sich mit grösserer oder geringerer Genauigkeit ein Centrum für den Biceps brachii nachweisen (4 *E*, 5 *E* und ein Theil von 4 *D*); für die Glutaei (etwa 5 *A*); für Bewegungen der Zehen (1 *B*, 2 *B* und 3 *B*); der Finger und des Daumens (in der Mitte der aufsteigenden Parietalwindung und in dem anliegenden Theil der aufsteigenden Frontalwindung); der Zunge (Operculum) und so weiter. Die Lage dieser und anderer Centren, welche besondere Bewegungen vermitteln, kann mit Hülfe der gegebenen Uebersichtstafel mit ziemlicher Sicherheit festgestellt werden. Man wird sich dabei der Bemerkungen zu erinnern haben, welche schon früher über die Ergebnisse der localisirten Reizungen gemacht worden sind, nämlich, dass 1. die Gehirne verschiedener Individuen Abweichungen zeigen und 2. dass die Innervation eines Muskels begleitet sein kann von der seines Antagonisten. Mit diesen Vorbehalten kann man das Schema als einen topographischen Plan des motorischen Theiles der Gehirnrinde des Affen gelten lassen.[1])

1) Ein Vergleich dieses Schemas mit dem, welches Munk (Verh. d. phys. Ges. zu Berlin, Arch. f. Anat. u. Physiologie 1878) nach seinen Abtragungsversuchen gegeben hat, wird besser verschoben, bis die Resultate unserer Abtragungsversuche veröffentlicht sein werden. S. Anmerkung 2, Seite 270.